Predictive models for the assessment of occupational exposure to chemicals: A new challenge for employers

Article *in* Medycyna Pracy · September 2013

DOI: 10.13075/mp.5893.2013.0058 · Source: PubMed

4 authors:


Jan P Gromiec
Nofer Institute of Occupational Medicine
76 PUBLICATIONS 648 CITATIONS


Małgorzata Dobecka
Nofer Institute of Occupational Medicine
53 PUBLICATIONS 141 CITATIONS


Agnieszka Jankowska
12 PUBLICATIONS 27 CITATIONS


Sławomir Czerczak
Nofer Institute of Occupational Medicine
134 PUBLICATIONS 501 CITATIONS

Medycyna Pracy 2013;64(5):699–716

http://medpr.imp.lodz.pl


http://dx.doi.org/10.13075/mp.5893.2013.0058

PRACA POGLĄDOWA

Jan Piotr Gromiec
Małgorzata Kupczewska-Dobecka
Agnieszka Jankowska
Sławomir Czerczak

BEZPOMIAROWA OCENA NARAŻENIA ZAWODOWEGO NA SUBSTANCJE CHEMICZNE – NOWE WYZWANIE DLA PRACODAWCÓW

PREDICTIVE MODELS FOR THE ASSESSMENT OF OCCUPATIONAL EXPOSURE TO CHEMICALS: A NEW CHALLENGE FOR EMPLOYERS

Instytut Medycyny Pracy im. prof. J. Nofera / Nofer Institute of Occupational Medicine, Łódź, Poland
Zakład Bezpieczeństwa Chemicznego / Department of Chemical Safety

Streszczenie

W Polsce nie ma obecnie wiarygodnej, uproszczonej, bezpomiarowej metody oceny narażenia na związki chemiczne, natomiast w niektórych państwach podjęto próby opracowania i wprowadzenia takich metod. Celem pracy jest przegląd wybranych modeli bezpomiarowego prognozowania narażenia zawodowego i związanego z nim ryzyka oraz ocena ich przydatności do szacowania inhalacyjnego narażenia zawodowego, zarówno dla potrzeb oceny zgodności warunków pracy z normatywami higienicznymi, jak i spełnienia wymagań rozporządzenia w sprawie rejestracji i oceny chemikaliów (tzw. REACH). Na podstawie danych literaturowych przeprowadzono przegląd i ocenę modeli: HSE COSHH Essentials, EASE, ECETOC TRA, Stoffenmanager oraz EMKG-Expo-Tool. Zapoznano się z zasadami funkcjonowania modelu i zakresem informacji dotyczących procesu technologicznego oraz innymi danymi, które są wymagane jako dane wejściowe do modelu, oraz z dostępnymi wynikami badań porównawczych, prowadzonych w celu weryfikacji modeli. Na podstawie przeprowadzonej oceny wybranych modeli można stwierdzić, że mogą być one stosowane do wstępnej oceny narażenia inhalacyjnego w zakładach pracy. Omówione modele na ogół dają jako wynik przeszacowane narażenie, a obliczone z ich wykorzystaniem poziomy narażenia należy rozpatrywać jako tzw. racjonalny najgorszy przypadek, niezbędny do prawidłowego doboru środków prewencji. Dostępna w modelach liczba kategorii procesowych i wzorcowych scenariuszy narażenia zawodowego jest obecnie stosunkowo niewielka w porównaniu z sytuacjami, które występują w przemyśle. Niezbędna jest więc dalsza walidacja programów oceny narażenia i/lub ryzyka za pomocą badań terenowych. Modele te mogą być przydatne do wstępnej oceny narażenia inhalacyjnego i doboru środków prewencji, jednak warunkiem ich stosowania w małych i średnich przedsiębiorstwach w Polsce jest ich dostępność w polskiej wersji oraz intensywne szkolenia przyszłych użytkowników w zakresie ich stosowania. Med. Pr. 2013;64(5):699–716

Słowa kluczowe: modele predykcyjne, narażenie zawodowe, EASE, ECETOC TRA, Stoffenmanager, EKMG-Expo-Tool

Abstract

Employers are obliged to carry out and document the risk associated with the use of chemical substances. The best but the most expensive method is to measure workplace concentrations of chemicals. At present no "measureless" method for risk assessment is available in Poland, but predictive models for such assessments have been developed in some countries. The purpose of this work is to review and evaluate the applicability of selected predictive methods for assessing occupational inhalation exposure and related risk to check the compliance with Occupational Exposure Limits (OELs), as well as the compliance with REACH obligations. Based on the literature data HSE COSHH Essentials, EASE, ECETOC TRA, Stoffenmanager, and EMKG-Expo-Tool were evaluated. The data on validation of predictive models were also examined. It seems that predictive models may be used as a useful method for Tier 1 assessment of occupational exposure by inhalation. Since the levels of exposure are frequently overestimated, they should be considered as "rational worst cases" for selection of proper control measures. Bearing in mind that the number of available exposure scenarios and PROC categories is limited, further validation by field surveys is highly recommended. Predictive models may serve as a good tool for preliminary risk assessment and selection of the most appropriate risk control measures in Polish small and medium size enterprises (SMEs) providing that they are available in the Polish language. This also requires an extensive training of their future users. Med Pr 2013;64(5):699–716

Key words: predictive models, occupational exposure, EASE, ECETOC TRA, Stoffenmanager, EKMG-Expo-Tool

Autor do korespondencji / Corresponding author: Jan Piotr Gromiec, Zakład Bezpieczeństwa Chemicznego, Instytut Medycyny Pracy im. prof. J. Nofera, ul. św. Teresy 8, 91-348 Łódź, e-mail: jpgrom@imp.lodz.pl
Nadesłano: 8 maja 2013, zatwierdzono: 17 października 2013

Praca wykonana w ramach II etapu programu wieloletniego pn. „Poprawa bezpieczeństwa i warunków pracy" finansowanego w latach 2011–2013 w zakresie badań naukowych i prac rozwojowych ze środków Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego oraz Narodowego Centrum Badań i Rozwoju (koordynator programu: Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy) oraz w ramach zadania finansowanego z dotacji na działalność statutową nr IMP 24.8 pt. „Walidacja wybranego bezpomiarowego modelu oceny narażenia inhalacyjnego na wybrane substancje chemiczne w powietrzu środowiska pracy". Kierownik tematu: prof. dr hab. Sławomir Czerczak.

WSTĘP

Zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Zdrowia z dnia 30 grudnia 2004 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy związanej z występowaniem w miejscu pracy czynników chemicznych (1) pracodawca jest obowiązany m.in. do ustalenia, czy w środowisku pracy występuje czynnik chemiczny stwarzający zagrożenie, oraz do dokonania i udokumentowania oceny ryzyka zawodowego stwarzanego przez ten czynnik.

Narażenie inhalacyjne na czynniki chemiczne, które występują w środowisku pracy, i ryzyko związane z tym narażeniem oceniane są na podstawie stężeń tych czynników w powietrzu na stanowiskach pracy. Kryterium oceny ryzyka są normatywy higieniczne, określające dopuszczalne stężenia substancji chemicznych w powietrzu w zależności od okresu uśrednienia, którego dotyczą, a z nimi porównywane są wyniki pomiarów. Pomiary stężeń czynników chemicznych, choć najbardziej wiarygodne i miarodajne, są jednak dość kosztowne, zwłaszcza dla małych i średnich przedsiębiorstw.

W wielu sytuacjach czynniki chemiczne stosowane są w sposób i/lub w warunkach wykluczających narażenie inhalacyjne, co uwzględniono w podstawowym dokumencie, regulującym zasady pobierania próbek powietrza i interpretacji wyników, jakim jest norma PN EN 689:2002 „Powietrze na stanowiskach pracy – Wytyczne oceny narażenia inhalacyjnego na czynniki chemiczne przez porównanie z wartościami dopuszczalnymi i strategia pomiarowa" (2). Zgodnie z jej zapisami ocena narażenia składa się z 3 etapów – rozeznanie wstępne, badania podstawowe i badania szczegółowe. Dwa pierwsze etapy nie wymagają prowadzenia pomiarów i dopuszczają możliwość ich wykluczenia, jednak nie ma szczegółowych i precyzyjnych wytycznych w tym zakresie. Z tego powodu w instytucjach zajmujących się higieną pracy podejmowane były próby opracowania programów, które ograniczałyby lub eliminowałyby pomiary w procedurach oceny narażenia zawodowego i związanego z nim ryzyka.

W Polsce nie ma obecnie wiarygodnej, uproszczonej, bezpomiarowej metody oceny narażenia, natomiast w innych państwach podjęto próby opracowania i zastosowania takich metod. Niektóre z nich, jak brytyjski model EASE (estimation and assessment of substance exposure – szacowanie i oceny narażenia na substancje) czy ECETOC TRA (Targeted Risk Assessment – ukierunkowane szacowanie ryzyka), oparte są na dostępnych danych dotyczących poziomów narażenia na czynniki chemiczne w poszczególnych operacjach technologicznych i służą do prognozowania stężeń nowo wprowadzanych do obrotu substancji w typowych scenariuszach inhalacyjnego narażenia zawodowego.

Problem wykorzystania modeli bezpomiarowych do oceny narażenia zawodowego stał się szczególnie istotny po przyjęciu w grudniu 2006 r. przez Parlament Europejski i Radę UE Rozporządzenia (WE) 1907/2006 – popularnie zwanego REACH (Registration, Evaluation and Authorisation of Chemicals) (3), tj. systemu kontroli chemikaliów, zapewniającego uzyskanie informacji niezbędnych do oceny ryzyka chemicznego dla większości substancji znajdujących się w obrocie na terenie ówczesnej Wspólnoty Europejskiej. W Załączniku I do REACH zawarte są przepisy ogólne, które dotyczą oceny substancji i sporządzania raportów bezpieczeństwa chemicznego oraz sposobu, w jaki producenci i importerzy mają oceniać ryzyko wynikające z zastosowania substancji produkowanych lub importowanych oraz dokumentować jego odpowiednie kontrolowanie.

Uproszczone metody bezpomiarowej oceny ryzyka zawodowego związanego z obecnością w środowisku pracy czynników chemicznych – opracowane w oparciu o opisany w dalszej części niniejszego artykułu model COSHH Essentials (Health and Safety Executive Control of Substances Hazardous to Health – utrzymywanie pod kontrolą substancji niebezpiecznych dla zdrowia) (4) przez Europejską Komisję ds. Pracy i Spraw Socjalnych (Directorate-General for Employment, Social Affairs and Inclusion) (5) – omówiono i udostępniono polskiemu odbiorcy w publikacjach Pośniak (6) i Majki (7,8).

Celem niniejszej pracy jest przegląd wybranych modeli bezpomiarowego prognozowania narażenia zawodowego i związanego z nim ryzyka oraz ocena ich przydatności do szacowania inhalacyjnego narażenia zawodowego na związki chemiczne – zarówno dla potrzeb oceny zgodności warunków pracy z normatywami higienicznymi, jak i spełnienia wymagań, wynikających z Rozporządzenia Ministra Zdrowia z dnia 30 grudnia 2004 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy związanej z występowaniem w miejscu pracy czynników chemicznych (1) i rozporządzenia REACH (3).

Koncepcja jakościowej metody oceny ryzyka, tzw. control banding

Źródłem i punktem wyjścia wszelkich bezpomiarowych modeli szacowania narażenia i związanego z nim ryzyka jest jakościowy sposób oceny i zarządzania ryzykiem,

stwarzanym przez niebezpieczne substancje chemiczne w celu promocji zdrowia i bezpieczeństwa w miejscu pracy (control banding). Jego celem jest minimalizowanie narażenia zawodowego na czynniki chemiczne oraz zapewnienie pomocy w tym zakresie małym i średnim zakładom pracy.

Control banding jest również definiowany jako model jakościowego zarządzania ryzykiem dla małych i średnich przedsiębiorstw na zasadzie „zrób to sam" i rozumiany jest jako użyteczne narzędzie do jakościowej oceny warunków pracy i doboru adekwatnych do narażenia środków ochrony przez pracodawcę o małym doświadczeniu w dziedzinie higieny pracy. Termin 'control banding' jest trudny do przetłumaczenia na inne języki i przyjął się w tym brzmieniu również w państwach nieanglojęzycznych. Najlepszym polskim odpowiednikiem sformułowania 'control banding approach' wydaje się 'koncepcja pasmowego zarządzania ryzykiem' lub koncepcja pasm zarządzania ryzykiem. W tej nazwie pasmo (band) odnosi się do przewidywanego dla danego rodzaju czynności zawodowej zakresu stężeń, na jakie narażeni są pracownicy.

Control banding polega na klasyfikacji czynników chemicznych do odpowiedniej grupy (pasma) pod względem ciężkości i charakteru zagrożeń dla zdrowia, oszacowaniu spodziewanego poziomu narażenia i związanego z nim ryzyka w zależności od czynności wykonywanych przez pracowników oraz na doborze odpowiednich środków prewencji, dzięki którym ryzyko mieści się w dopuszczalnych granicach.

Po raz pierwszy koncepcję zaliczania do różnych grup (pasm) substancji chemicznych ze względu na siłę ich działania toksycznego zaproponował Money (9) dla substancji rakotwórczych, głównie amin aromatycznych. Celem tego podziału był dobór odpowiednich procedur i technicznych środków prewencji, maksymalnie redukujących ryzyko.

Oparty na właściwościach fizykochemicznych i toksycznych podział substancji chemicznych na klasy od wielu lat stosowano w przemyśle farmaceutycznym. Specyfiką przemysłu farmaceutycznego jest stosowanie wielu biologicznie czynnych substancji, którym nie przypisano wartości normatywów higienicznych. Substancje te grupowane są do pasm o coraz większej sile działania toksycznego, a pasmom przyporządkowywane są umowne zakresy, w których powinno znajdować się kryterium doboru środków prewencji (umowny normatyw higieniczny).

Historycznie pierwszym i najpopularniejszym, opartym na control banding, modelem jest COSHH Essentials, opracowany przez brytyjską inspekcję pracy (Health and Safety Executive – HSE) (4). Poniżej przedstawiono omówienie tego modelu, jak również innych, powstałych na jego bazie narzędzi szacowania ryzyka.

Model HSE COSHH Essentials (4)

Opublikowany po raz pierwszy w 1999 r. model COSHH Essentials został opracowany, żeby ułatwić małym i średnim przedsiębiorstwom dostosowanie się do brytyjskich wymagań w zakresie bezpieczeństwa chemicznego. Składa się on z 5 etapów:

1. Identyfikacja kombinacji zadań i substancji.
2. Wyszczególnienie stwarzanych przez substancję zagrożeń dla zdrowia i istotnych czynników, które wynikają z zadań, procesu i właściwości substancji.
3. Znalezienie odpowiedniego rodzaju środków zarządzania ryzykiem.
4. Dobór szczegółowych zaleceń i wytycznych odpowiednich do danego problemu.
5. Podjęcie działań.

W pierwszym etapie pracodawca ocenia, jaki rodzaj procesu (procesów) technologicznych jest stosowany w jego zakładzie. Klasyfikacja procesu ma na celu głównie dobór środków prewencji. Ocena charakteru ryzyka i czynników, które wpływają na wielkość ryzyka, obejmuje określenie rodzaju zagrożenia zdrowotnego stwarzanego przez poszczególne substancje chemiczne, zdolności substancji do rozprzestrzeniania się w środowisku pracy oraz zdefiniowanie, jak często i długo są stosowane poszczególne substancje.

Podstawą zaliczenia substancji do poszczególnych grup (pasm) ryzyka są przypisane im zwroty wskazujące rodzaj zagrożenia (R-phrases). Zasady klasyfikacji substancji na podstawie zwrotów wskazujących rodzaj zagrożenia przedstawiono w tabeli 1. Jeżeli danej substancji nie przypisano zwrotu R (nie zaklasyfikowano jako niebezpiecznej), jest ona z założenia zaliczana do grupy A. Klasyfikacja służy do doboru kryteriów oceny narażenia na poszczególne substancje, a ściślej – do przypisania pasm (zakresów) poziomów narażenia, które w środowisku pracy nie powinny być przekroczone (nie wszystkie stosowane w przemyśle substancje mają ustalone wartości normatywów higienicznych).

Do tak wyprowadzonych poziomów ekspozycji dobierane są środki prewencji gwarantujące ich dotrzymanie. Zalecane „pasma ekspozycji" w zależności od klasy ryzyka przedstawiono w tabeli 2. Pasma te określają również zakres, w którym powinno znajdować się kryterium szacowania ryzyka (zakres ten dotyczy substancji, dla

Tabela 1. Grupy ryzyka substancji chemicznych na podstawie przypisanych im zwrotów wskazujących rodzaj zagrożenia (R-phrases) w COSHH Essentials (4)
Table 1. Hazard groups and associated health hazard R-phrases in COSHH Essentials (4)

Substancje mniej niebezpieczne Least dangerous substances		Substancje bardziej niebezpieczne More hazardous substances		Przypadki szczególne Specific cases	Szkodliwe dla skóry lub oczu Harmful to skin or eyes
A	B	C	D	E	S
R36, R36/38, R38 wszystkie substancje, którym nie przypisano zwrotu R / all the substances that do not have R-phrases	R20, R20/21, R20/21/22, R21, R21/22 R22	R23, R23/24, R23/24/25, R23/25, R24, R24/25, R34, R35, R36/37, R36/37/38, R37, R37/38, R37, R37/38, R41, R43, R48/20, R48/20/21, R48/20/21/22, R48/20/22, R48/21, R48/21/22, R48/22	R26, R26/27, R26/27/28, R26/28, R28, R40 (Rak. Kat. 3 / / Carc Cat. 3), R48/23, R48/23/24, R48/23/24/25, R48/23/25, R48/24, R48/24/25, R48/25, R60/61/62, R63	R40 (Mut. Kat. 3 / / Muta Cat. 3), R42, R42/43, R45, R46, R49	R21, R24, R27, R34, R35, R36, R38, R41, R43, R48/21, R48/24
substancje drażniące dla skóry lub oczu, substancje nieklasyfikowane / / skin or eye irritancy, all the substances not allocated to another band	substancje szkodliwe po jednorazowej ekspozycji / / substances harmful after single exposure	substancje toksyczne, żrące itd. / substances toxic, corrosive, etc.	substancje bardzo toksyczne, substancje działające na rozrodczość / / highly toxic substances, substances affecting reproduction	rak, astma, uszkodzenia genetyczne / / cancer, asthma, genetic damage	uszkodzenia skóry i oczu / skin and eye damage

COSHH Essentials – utrzymywanie pod kontrolą substancji niebezpiecznych dla zdrowia / Health and Safety Executive Control of Substances Hazardous to Health.

Tabela 2. Zalecane pasma ekspozycji w zależności od klasy ryzyka według COSHH Essentials (4)
Table 2. Target exposure range for each hazard group according to COSHH Essentials (4)

Grupa ryzyka Hazard group	Zakres ekspozycji – pyły Exposure range – dust	Zakres ekspozycji – pary Exposure range – vapors
A	> 1–10 mg/m³	> 50–500 ppm
B	> 0,1–1 mg/m³	> 5–50 ppm
C	> 0,01–0,1 mg/m³	> 0,5–5 ppm
D	< 0,01 mg/m³	< 0,5 ppm
E (subst. bardzo toksyczne) / / (highly toxic)	szukać porady u specjalistów (zwykle << 0,01 mg/m³) / / seek specialist advice (usually << 0.01 mg/m³)	szukać porady u specjalistów (zwykle << 0,5 ppm) / / seek specialist advice (usually << 0.5 ppm)
S (działanie na skórę) / / (skin hazard)	zapobiegać lub ograniczać narażenie skóry i/lub oczu / / prevent or reduce skin and/or eye exposure	zapobiegać lub ograniczać narażenie skóry i/lub oczu / / prevent or reduce skin and/or eye exposure

Objaśnienia jak w tabeli 1 / Abbreviations as in Table 1.

których nie ustalono urzędowych wartości dopuszczalnych). W przypadku mieszanin klasyfikowanie do odpowiedniego pasma ryzyka przeprowadza się na podstawie zwrotów R najbardziej toksycznego składnika.

Reasumując, jeżeli jakaś substancja zaklasyfikowana zostanie przykładowo do grupy ryzyka B, średnie ważone stężenie jej par w ciągu zmiany roboczej nie powinno przekraczać 50 ppm, a aerozolu – 1 mg/m³.

Dwa kolejne parametry brane pod uwagę w COSHH Essentials to ilość substancji i zdolność do rozprzestrzeniania się w środowisku pracy. Skala stosowania to ilości:

- małe – gramy (ciała stałe) i mililitry (ciecze),
- średnie – odpowiednio: kilogramy i litry,
- duże – tony i metry sześcienne.

Zdolność substancji do rozprzestrzeniania się zależy natomiast od jej parametrów fizykochemicznych – prężności pary (ciecze) lub pylistości (ciała stałe).

Na podstawie klasyfikacji substancji do pasm (odpowiednich ze względu na rodzaj zagrożenia), do używanej ilości i zdolności do rozprzestrzeniania dobiera się zalecany rodzaj środków prewencji, co jest głównym celem COSHH Essentials. Ilustracją tego jest tabela 3.

Przy doborze środków prewencji pod uwagę brany jest rodzaj zadania/procesu technologicznego z ograniczonej listy takich zadań (4), która obejmuje: transfer, tabletkowanie, pokrywanie powierzchni, odpylanie, suszenie, mieszanie, laminowanie, sortowanie, zanurzanie, przesiewanie, ważenie, przechowywanie oraz (jako odrębną, trzynastą kategorię) pozostałe procesy.

Zalecenia dla poszczególnych procesów podane są w formie Karty Wytycznych Prewencji (Control Guidance Sheets) (4). Dotyczą one projektowania i utrzymania aparatury, jej sprawdzania i przeglądów, czyszczenia i konserwacji narzędzi, używania środków prewencji, szkolenia i nadzoru, dostępu do miejsca pracy, planu pracy i źródeł dodatkowych informacji. Karta zawiera

Tabela 3. Zalecany w COSHH Essentials poziom środków prewencji w zależności od ilości substancji i jej zdolności do rozprzestrzeniania w środowisku (4,37)
Table 3. COSHH Essentials recommended level of control, given the amount used and the ability to disperse (4,37)

Ilość substancji Amount used	Niska pylistość lub lotność Low dustiness or volatility	Średnia lotność Medium volatility	Średnia pylistość Medium dustiness	Wysoka pylistość lub lotność High dustiness or volatility
Grupa ryzyka A / Hazard group A				
mała / small	1	1	1	1
średnia / medium	1	1	1	2
duża / large	1	1	2	2
Grupa ryzyka B / Hazard group B				
mała / small	1	1	1	1
średnia / medium	1	2	2	2
duża / large	1	2	3	3
Grupa ryzyka C / Hazard group C				
mała / small	1	2	1	2
średnia / medium	2	3	3	3
duża / large	2	4	4	4
Grupa ryzyka D / Hazard group D				
mała / small	2	3	2	3
średnia / medium	3	4	4	4
duża / large	3	4	4	4
Grupa ryzyka E / Hazard group E				
mała / small	4	4	4	4
średnia / medium	4	4	4	4
duża / large	4	4	4	4

1 – wentylacja naturalna / general dilution.
2 – środki techniczne / engineering controls.
3 – obieg zamknięty / containment.
4 – środki specjalne / special means.
Inne objaśnienia jak w tabeli 1 / Other abbreviations as in Table 1.

też wiele kluczowych wskazówek, które powinny być przestrzegane przez użytkownika w celu utrzymywania narażenia pod kontrolą. Aplikacja COSHH Essentials jest dostępna nieodpłatnie.

Jeżeli żaden ze stosowanych w zakładzie procesów nie jest uwzględniony w wyżej wymienionym zestawie kart, użytkownik odsyłany jest do zaleceń ogólnych w sprawie środków prewencji i środków ochrony skóry.

Program EASE (10–13)

Program Szacowania i Oceny Narażenia na Substancje (Estimation and Assessment of Substance Exposure – EASE) został opracowany przez brytyjską HSE w latach 90. w celu ułatwienia małym i średnim przedsiębiorstwom oceny ryzyka za pomocą szacowania wielkości narażenia wtedy, gdy nie ma wyników pomiarów. Opracowano go w zasadzie jako screeningowe narzędzie do przeprowadzania wymaganej przez prawo oceny ryzyka związanego z wprowadzaniem na rynek nowych chemikaliów. Od czasu wprowadzenia EASE jego zastosowanie rozszerzyło się o cele, do których nie był początkowo przeznaczony, takie jak retrospektywna ocena narażenia i przewidywanie poziomów narażenia w wybranych miejscach pracy (12).

Podstawą do szacowania narażenia są wyniki pomiarów zgromadzone w ogólnokrajowej bazie danych (National Exposure Database – NEDB), prowadzonej przez HSE. Baza powstała w 1986 r. i jej pierwotnym celem było zapewnienie wiarygodnych informacji o narażeniu jako podstawy ustanawianych wartości normatywów higienicznych. Na początku lat 90. NEDB zawierała ok. 100 tys. zapisów wyników pomiarów ze 150 gałęzi przemysłu, które obejmowały ok. 400 substancji i 750 procesów technologicznych (13). Program EASE stanowi moduł modelu EUSES 2.1 (The European Union System for the Evaluation of Substances) – wykorzystywanego przy ocenie substancji w ramach REACH – który został opracowany do jakościowej oceny ryzyka substancji nowych, istniejących i biocydów dla ludzi i środowiska.

Model znajduje się na stronie internetowej Centrum Badawczego Komisji Europejskiej (Joint Research Centre) (14). Jest dostępny dla wszystkich użytkowników po akceptacji umowy licencyjnej, jako łatwy do stosowania, nieodpłatny i przyjazny program komputerowy, dostosowywany do postępu technicznego (ostatnią wersją jest EUSES 2.1.2) (14,15).

Program oparty jest na następujących uproszczonych założeniach:

- proces technologiczny jest ciągły,
- proces technologiczny prowadzony jest pod ciśnieniem atmosferycznym przy użyciu standardowych środków prewencji i poziomach narażenia typowych dla danego procesu,
- substancja charakteryzuje się stałą szybkością parowania,
- narażenie pracowników jest jednorodne.

Instrukcja obsługi – przewodnik po systemie EUSES 2.1.2 – jest dostępna dla użytkownika online (14). Cały system składa się z 6 głównych modułów: dane wejściowe, oszacowanie uwalniania do środowiska, rozmieszczenie w środowisku, ocena narażenia, charakterystyka skutków narażenia i charakterystyka ryzyka. W niniejszym artykule opisano tylko moduł oceny narażenia zawodowego dla inhalacyjnej drogi narażenia. W celu oszacowania narażenia inhalacyjnego pracowników wymagane jest wprowadzenie danych wejściowych, które obejmują następujące zmienne czynniki warunkujące:

- właściwości fizykochemiczne substancji – masa cząsteczkowa, współczynnik podziału oktanol-woda, rozpuszczalność w wodzie, prężność pary, temperatura wrzenia, temperatura topnienia;
- parametry opisujące scenariusze narażenia – temperatura procesu, temperatura wrzenia, temperatura topnienia, stan fizyczny substancji, prężność pary w temperaturze procesu, możliwość tworzenia aerozolu / możliwość pylenia substancji, prawdopodobieństwo inhalacji cząstek pyłu, rozmiar cząstek pyłu, typ pyłu, możliwość agregacji cząstek;
- schemat stosowania – do wyboru są następujące możliwości: system zamknięty, włączenie do matrycy, użycie w wąskim zakresie stosowania tzw. non-dispersive use (proces, w którym substancje są używane w taki sposób, że tylko określona grupa pracowników, którzy mają wiedzę o procesie, ma z nimi kontakt), szerokie zastosowanie tzw. wide dispersive use (czynności z narażeniem niekontrolowanym, np. malowanie, natryskiwanie);
- awaryjność systemu;
- schemat sterowania procesem – środki sterowania ryzykiem (hermetyzacja procesu, rodzaj wentylacji, oddzielenie pracownika od substancji, bezpośrednie użycie/stosowanie, średnia liczba zdarzeń, czas trwania jednego zdarzenia, narażenie na pyły, typ procesu).

W wyniku zastosowania EASE szacuje się wielkość narażenia na pojedyncze substancje, a nie na ich mieszaniny. Ponieważ większość substancji zachowuje się

zgodnie z prawem Henry'ego i prawem Raoulta, stężenia poszczególnych składników mieszaniny w powietrzu można szacować, mnożąc oszacowane za pomocą EASE stężenie, wyrażone w ppm przez udział danego składnika w mieszaninie. Użytkownik nie ma w zasadzie możliwości wprowadzenia danych takich, jak ilość używanej substancji czy czas narażenia, a szacowanie oparte jest na zdolności substancji do rozprzestrzeniania się (temperatura lub prężność par dla cieczy, procesy mieszania i przesypywania dla aerozoli).

Przeprowadzono szereg badań, których celem była weryfikacja programu EASE (11,13,16). Wykazały one, że oszacowania uzyskane w wyniku zastosowania tego programu są z reguły zawyżone. Wnioski z tych prac wydają się nieco zaskakujące, ponieważ EASE oparty jest na wynikach rzeczywistych pomiarów, zgromadzonych w ogólnokrajowej bazie danych NEDB, prowadzonej przez HSE. Przypuszcza się, że przyczyną zawyżania przewidywanych poziomów stężeń jest to, że baza NEDB oparta jest na wynikach pomiarów zebranych głównie w latach 1986–1993, czyli wtedy, gdy stężenia substancji chemicznych w powietrzu na stanowiskach pracy były znacznie wyższe (13).

Przy stosowaniu tego modelu predykcyjnego należy również pamiętać, że program EASE był opracowany w Wielkiej Brytanii w oparciu o brytyjskie dane, odzwierciedlające sytuację w brytyjskim przemyśle. Przy stosowaniu go w innych krajach należy więc zachować ostrożność i brać pod uwagę lokalne uwarunkowania.

Program ECETOC TRA (17,18)

Na podobnych założeniach, chociaż bardziej konserwatywnych, oparty jest program ECETOC TRA (Targeted Risk Asseessment – Ukierunkowane Szacowanie Ryzyka), stosowany do oceny scenariuszy narażenia na poszczególnych etapach uszczegółowienia. Program ten, podobnie jak omówiony wcześniej model EUSES, opracowany został dla potrzeb REACH i jest zalecany do oceny narażenia na substancje dla celów przygotowania oceny bezpieczeństwa chemicznego w ramach sporządzania dokumentacji rejestracyjnej przez Europejską Agencję ds. Chemikaliów (European Chemical Agency – ECHA), tj. centralny organ powołany do zapewnienia skutecznego zarządzania technicznymi, naukowymi i administracyjnymi aspektami rozporządzenia REACH na szczeblu wspólnotowym.

Podstawę systemu EUSES stanowiły elementy kategorii procesu, a jego zaletą było to, że wymagał niewielkiej liczby danych przy pierwszej ocenie. Nie było jednak jasne, które warunki operacyjne i środki kontroli ryzyka były uwzględnione jako parametry mające zastosowanie. Powyższe ograniczenia były powodem opracowania modelu ECETOC TRA, który wykorzystuje deskryptory zastosowań jako użyteczne narzędzie stanowiące część pakietu informacyjnego i umożliwiające zidentyfikowanie odpowiedniego wpisu, który dotyczy oszacowywania narażenia.

„Targeting" (ukierunkowanie) rozumiane jest jako określenie:

- zakresu scenariusza narażenia – zastosowanie i warunki stosowania substancji prowadzące do emisji i narażenia,
- docelowych grup – model umożliwia oszacowanie narażenia zarówno pracowników, jak i konsumentów oraz przez elementy środowiska w zależności od przewidzianego scenariusza narażenia,
- dróg i warunków narażenia.

W modelu używa się pojęcia 'tier' (szczebel, etap, poziom), ponieważ procedura służy do kilkukrotnej oceny narażenia bezpieczeństwa chemicznego (tzw. iteracji) po zmianie parametrów scenariusza, takich jak zastosowane środki prewencji, przyjęte wartości umowne, uzyskane informacje itd.

Podobnie jak w poprzednio omówionych modelach do uruchomienia narzędzia pierwszego szczebla (Tier 1) ECETOC TRA, dotyczącego oceny narażenia w odniesieniu do pracowników, wymagane są następujące dane wejściowe: specyficzne dane dotyczące substancji (jak nr w rejestrze CAS i jej nazwa), masa cząsteczkowa, postać fizykochemiczna, prężność pary (ciecze) lub pylistość (ciała stałe), wybór wstępnie zdefiniowanego ogólnego scenariusza narażenia i wybór parametrów, które określają narażenie (czas trwania narażenia, stosowanie miejscowej wentylacji wyciągowej).

Dla każdej kategorii zagrożenia określa się rodzajową wzorcową wartość narażenia, która odpowiada wskaźnikowej wartości referencyjnej, oddzielnie dla drogi inhalacyjnej (substancje lotne i ciała stałe) oraz skórnej. Obecna wersja TRA jako wartość odniesienia wprowadza wartość DNEL (derived no effect level – pochodny poziom niepowodujący zmian), ale daje możliwość użycia OEL (occupational exposure level – dopuszczalnego poziomu narażenia w powietrzu środowiska pracy), np. obowiązującej wartości najwyższego dopuszczalnego stężenia na stanowiskach pracy (NDS).

Lista kategorii procesów (17,18) oparta jest na wykazie opracowanym dla potrzeb COSHH w 2003 r. z dodaniem podstawowych deskryptorów, które objaśniają, jak substancja może być stosowana/użytkowana. Każdy

deskryptor składa się z kombinacji liter PROC i identyfikatora liczbowego, np. PROC10 oznacza kategorię „Nakładanie pędzlem lub wałkiem", PROC14 – „Wytwarzanie mieszanin lub wyrobów poprzez tabletkowanie, prasowanie, wyciskanie, granulowanie" itd.

Chociaż lista jest ograniczona do 35 kategorii lub podkategorii, obejmuje cały szereg warunków, w jakich może dojść do narażenia pracowników na substancje chemiczne. Mimo że w wykazie brakuje wielu istotnych procesów, model ECETOC TRA daje szerokie możliwości doboru najbardziej skutecznych środków prewencji w celu ograniczenia narażenia do poziomów dopuszczalnych (19).

Procedura przyjęta w celu oceny ryzyka w ramach ECETOC TRA obejmuje 5 etapów po wprowadzeniu danych wejściowych:

1. Identyfikacja kategorii czynności/procesów właściwych dla substancji i reprezentujących planowane warunki jej produkcji, sprzedaży, dostawy i używania. W zależności od okoliczności produkcji i zastosowań prawdopodobne jest więc powiązanie substancji z kilkoma scenariuszami. Odpowiednie scenariusze mogą być wybierane z list wyboru poprzez określenie kategorii procesu i wybranie deskryptora procesu REACH. Niektóre kombinacje PROC z innymi wprowadzanymi danymi nie są możliwe. Narzędzie ECETOC TRA wyświetla wtedy wiadomość, że konieczna jest zmiana parametrów wejściowych. Przykładowo kategoria PROC1, obejmuje zastosowanie substancji w procesie zamkniętym, więc wprowadzenie danych o wentylacji i jej parametrach nie jest możliwe – do rozpatrywanego scenariusza należy dobrać inną kategorię PROC.
2. Obliczenie przy użyciu odpowiednich modeli przewidywanego narażenia.
3. Wybór odpowiedniego poziomu niepowodującego zmian (wartości DNEL) dla kategorii zagrożenia substancji.
4. Wyznaczenie marginesu narażenia poprzez porównanie wyniku z etapu 3. z wynikiem etapu 2. W uaktualnionej wersji jest stosowany termin ‘współczynnik charakterystyki ryzyka’ (risk characterisation ratio – RCR), który jest ilorazem narażenia i wartości referencyjnej.
5. Jeśli ryzyko – bez stosowania środków sterowania ryzykiem – jest nadmierne, należy wprowadzić do modelu środki sterowania ryzykiem oraz uwzględnić ich wpływ na przewidywany poziom narażenia. W części celowej oceny ryzyka ECETOC, która dotyczy narażenia w miejscu pracy, użytkownik ma możliwość aktywowania opcji lokalnej wentylacji wyciągowej, modyfikowania wyników obliczeń poziomu narażenia poprzez uwzględnienie skuteczności środka kontroli narażenia (np. półmaski o określonej wydajności), co prowadzi do zmniejszenia poziomu narażenia w zależności od wybranych kategorii zastosowań i lotności substancji.

Program ECETOC TRA umożliwia wygenerowanie raportu z szacowania narażenia. W przypadku narażenia inhalacyjnego szacunkowa wartość wyrażana jest w ppm lub mg/m^3. Można również utworzyć tzw. raport liniowy, zawierający oszacowania dla wszystkich scenariuszy narażenia, dla których przeprowadzono obliczenia.

Chociaż bezsprzeczną zaletą ECETOC TRA jest jego prosta struktura, należy zwrócić uwagę również na pewne niedogodności programu i pojawiające się w nim sprzeczności. Wiele procesów czy operacji technologicznych nakłada się i ich wybór nie zawsze jest oczywisty. Ponadto liczba procesów i operacji technologicznych objętych modelem jest bardzo ograniczona i niewystarczająca do oceny ryzyka na szczeblu 1, a z kolei ocena nie uwzględnia ilości substancji stosowanych w poszczególnych procesach.

Należy podkreślić, że ECETOC TRA powstał dla potrzeb REACH i jego zasadniczym celem nie jest prognozowanie wielkości narażenia w celu porównania z wartościami dopuszczalnymi, ale dobór najbardziej odpowiednich środków prewencji. Obecnie dostępna jest nieodpłatnie zintegrowana wersja ECETOC TRA 3.0, która pozwala także oszacować narażenie konsumenta oraz narażenie środowiskowe (17). Na podstawie założeń ECETOC TRA została opracowana aplikacja MEASE (Metal's EASE), która jest zalecana przez ECHA do szacowania narażenia na metale i substancje nieorganiczne (20).

Program Stoffenmanager (21–24)

Program został opracowany w Holandii przez organizację TNO Quality of Life (Toegepast Natuurwetenschappelijk Onderzoek). Celem była pomoc przedsiębiorstwom bez doświadczenia w zakresie oceny powodowanego przez związki chemiczne ryzyka w przeprowadzaniu takiej oceny oraz doborze odpowiednich środków prewencji. Program miał zapewnić zakładom przemysłowym skuteczne narzędzie do oceny i kontroli ryzyka. Dostępne, omówione przez autorów niniejszego artykułu, programy zostały poddane w TNO Quality of Life krytycznej ocenie, w wyniku której podjęto decyzję o konieczności opracowania własnego programu, bardziej odpowiedniego dla holenderskich małych i średnich przedsiębiorstw.

Model Stoffenmanager jest również oparty na koncepcji pasmowego zarządzania ryzykiem. Zasadniczym priorytetem jest szacowanie ekspozycji na produkt, przy czym produktem mogą być zarówno mieszaniny (farby, detergenty itp.), jak i pojedyncze substancje – w postaci własnej i w mieszaninie. Informacje wymagane w programie jako dane wejściowe to nazwa produktu, data publikacji karty charakterystyki, pylistość (ciała stałe) lub prężność pary (ciecze), identyfikacja dostawcy produktu i miejsca, w którym jest stosowany, skład produktu i symbole zagrożenia (klasyfikacja substancji) zgodnie z kartą charakterystyki oraz środki prewencji wymagane w karcie charakterystyki.

Stoffenmanager jest dostosowywany do postępu technicznego, a jego ostatnia wersja uwzględnia zmiany związane z wejściem w życie Rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) nr 1272/2008 z dnia 16 grudnia 2008 r. w sprawie klasyfikacji, oznakowania i pakowania substancji i mieszanin, tzw. rozporządzenia CLP (Classification, Labelling and Packaging – klasyfikacja, oznakowanie i pakowanie) (25). Aplikacja umożliwia wprowadzanie danych dotyczących klasyfikacji substancji zgodnie z rozporządzeniem CLP lub alternatywnie – zgodnie z unieważnioną wspomnianym rozporządzeniem dyrektywą 67/548/EWG (26). Jeśli to konieczne, program przekłada klasyfikację ze „starej" na obowiązującą.

Podstawą do zaliczania substancji do poszczególnych grup (pasm) ryzyka – podobnie jak w COSHH Essentials – są przypisane im zwroty wskazujące rodzaj zagrożenia (R-phrases lub H-hazard statements, w zależności od tego, którą klasyfikacją posługuje się użytkownik). Przewidywane pasma ryzyka oparte są na koncepcji Cherrie i wsp. z 1996 r. (27), rozwiniętej dalej przez Cherrie i Schneidera (28). Przyjęty model uwzględnia występowanie:

- bliskiej emisji (near-field emission) – w promieniu 1 m wokół głowy pracownika,
- odległej emisji (far-field emission) – dalszej niż 1 m,
- stężenia tła na skutek zjawisk dyfuzyjnych.

Pod uwagę brane są również:

- czas trwania poszczególnych czynności i/lub zadań,
- stosowanie środków prewencji technicznej – zarówno w odniesieniu do bliskich, jak i odległych źródeł emisji,
- stosowanie środków ochrony indywidualnej,
- wymiary pomieszczenia pracy.

Całość opisują skomplikowane wzory, w których wspomniane parametry są uwzględniane, jednak ich znajomość nie jest wymagana od użytkowników – średnich i małych przedsiębiorstw, nie mających odpowiedniej wiedzy i praktyki w tym zakresie. Wymagane jest od nich zarejestrowanie się w programie Stoffenmanager i postępowanie zgodnie z algorytmem.

W celu oszacowania narażenia aplikacja klasyfikuje substancję do określonego pasma narażenia po wprowadzeniu przez użytkownika odpowiednich informacji. Program automatycznie oblicza tzw. risk score, który jest względnym uszeregowaniem wielkości ryzyka. Obliczona wartość risk score stanowi dla pracodawcy podstawę do obliczenia skuteczności stosowania różnych środków prewencji i wyboru najbardziej skutecznego. Tak więc również w przypadku Stoffenmanagera głównym celem narzędzia nie jest przewidywanie i zastępowanie wyników pomiarów, ale dobór najbardziej odpowiednich środków prewencji i sposobów zmniejszenia ryzyka zdrowotnego.

Emisja wewnętrzna (intrinsic emission), podobnie jak w innych modelach, związana jest z takimi parametrami substancji, jak lotność (ciecze) i pylistość (ciała stałe).

W przypadku mieszanin cieczy do obliczenia prężności pary preparatu wykorzystuje się procentowe udziały poszczególnych składników. W przypadku ciał stałych stosowana skala pylistości oparta jest na podziale stosowanym w COSHH Essentials – duże obiekty stałe, twarde granulki lub płatki, granulki i płatki, pył gruby, pył drobny i produkty szczególnie pylące – jednakże przyjęta skala parametrów liczbowych pylistości jest znacznie szersza.

Jak wspomniano, istotną rolę w programie Stoffenmanager odgrywają współczynniki liczbowe – modyfikatory (scores), związane z postępowaniem z substancją/mieszaniną lub wykonywaną czynnością. Przykłady takich uwzględnianych w obliczeniach modyfikatorów dla substancji i mieszanin ciekłych podano w tabeli 4., a dla ciał stałych – w tabeli 5.

Kolejnym etapem postępowania jest dobór najbardziej skutecznego środka prewencji. Odpowiednie współczynniki liczbowe przypisane są takim środkom, jak:

- źródło emisji w układzie zamkniętym w połączeniu z wyciągiem miejscowym – 0,03,
- zamknięcie źródła emisji bez połączenia z wyciągiem miejscowym – 0,3,
- usuwanie niebezpiecznej substancji u źródła emisji – 0,3,
- brak środków prewencji u źródła emisji – 1.

Wprowadzono również odpowiednie współczynniki, które pozwalają na uwzględnienie wielkości po-

Tabela 4. Modyfikatory związane ze stosowaniem substancji ciekłych w modelu Stoffenmanager (23)
Table 4. Scores for handling of liquids in Stoffenmanager (23)

Sposób stosowania cieczy Handling of liquids	Przykłady Examples	Modyfikator Score
W szczelnie zamkniętych pojemnikach / / in tightly closed containers	transport/przesuwanie zamkniętych pojemników / transport/shifting of closed containers	0
Z możliwością uwalniania jedynie niewielkich ilości / Where only small amounts of product may be released	pobieranie i pomiary małych próbek za pomocą mierników, stosowanie małych ilości w warunkach laboratoryjnych, np. za pomocą pipety / measuring doses using a dose-measuring device, handling of small quantities in laboratory situations, like using pipettes	0,1
Na małych powierzchniach lub incydentalne stosowanie cieczy / / At small surfaces or incidental handling of liquids	naklejanie nalepek / gluing of stickers and labels czyszczenie małych przedmiotów, np. noży / cleaning of small objects like knives cementowanie / cementing łączenie i rozłączanie linii produkcyjnych / (un)coupling of tank lorries or (dis)connecting of production lines	0,3
Z użyciem niskiego ciśnienia, małych przepływów i na małych powierzchniach / Using low pressure, low speed and on medium-sized surfaces	mieszanie/rozcieńczanie cieczy / mixing/diluting of liquids by stirring ręczne spuszczanie lub nalewanie produktu / manually drawing off or pouring of product malowanie odlewów za pomocą wałka lub pędzla / painting of castings using a roller or brush sklejanie większych przedmiotów, np. obcasów / gluing larger pieces together, e.g. shoe soles odtłuszczanie lub czyszczenie małych maszyn/narzędzi/wyrobów itd. / degreasing or cleaning small machines/tools/work pieces/tanks, etc. zanurzanie małych obiektów w naczyniu z płynem do czyszczenia / immersion of small objects in bucket with cleaning agent	1
Na dużych powierzchniach lub wyrobach / On large surfaces or large work pieces	malowanie korpusów statków wałkiem lub pędzlem / painting of walls or ships with a roller or brush odtłuszczanie wielkich maszyn / degreasing of large machinery klejenie lub czyszczenie ścian / gluing or cleaning of walls używanie mocno zanieczyszczonych narzędzi/wyrobów lub ładunków / handling of heavily contaminated tools/objects or packages postępowanie z zanurzonymi lub pomalowanymi przedmiotami / handling of immersed objects, handling of painted objects mechaniczne zanurzanie dużych przedmiotów w kąpielach, np. czyszczących / mechanically immersing of large objects in an immersion bath, e.g. for cleaning purposes	3
Przy niskim ciśnieniu, ale dużym przepływie bez wytwarzania mgły lub spreju / Using low pressure but high speed) without creating a mist or spray/haze	pokrywanie wyrobu pianą w celu czyszczenia lub nadania powłoki / foaming a product for cleaning or coating purposes mieszanie wyrobów z dużą szybkością (mikser) / mixing of products under high velocity using a mixer niekontrolowane przelewanie cieczy z dużej wysokości / uncontrolled pouring of a liquid from a large height, e.g. pouring of production flows stosowanie płynów obróbkowych podczas obróbki skrawaniem, polerowania czy borowania / use of metalworking fluids like lubricants during cutting, sanding or drilling activities	3
Przy wysokim ciśnieniu ze znaczącym wytwarzaniem mgły lub spreju / / At high pressure resulting in substantial generation of mist or spray/haze	malowanie natryskowe wyrobu / spraying of product using high-pressure or spray painting gazowanie wyrobu z wytworzeniem wyraźnej mgły / fogging a product producing a visible mist otwieranie będącej pod ciśnieniem linii produkcyjnej w celu pobrania próbki lub wyjęcia produktu / opening a pressurized production line for taking samples or opening a closed cleaning device to remove cleaned objects otwarcie układu zamkniętego, w którym wyroby poddawane są działaniu wysokiego ciśnienia lub temperatury / opening of a closed system where products are treated/present at high temperature or pressure czynności w bezpośrednim otoczeniu otwartych kąpieli (wysoka temperatura, wrzący roztwór) / activities in the direct vicinity of open baths (high process temperature, boiling liquid)	10

Tabela 5. Modyfikatory związane ze stosowaniem substancji stałych w modelu Stoffenmanager (23)
Table 5. Scores for handling of solids in Stoffenmanager (23)

Sposób stosowania ciał stałych Handling of solids	Przykłady Examples	Modyfikator Score
W szczelnie zamkniętych pojemnikach / in closed containers	transport beczek lub plastikowych worków / transport/shifting of barrels or plastic bags	0
W bardzo małych ilościach wtedy, gdy uwalnianie jest mało prawdopodobne / In very small amounts, where release is not likely	przesuwanie opakowań, których złączenia nie są pyłoszczelne / shifting of packages of which the seams are not dustproof odważanie kilku gramów produktu / weighing a few grams of product sporządzanie leków / preparation of prescribed medicines	0,1
W małych ilościach lub wtedy, gdy tylko małe ilości produktu mogą być uwolnione / In small amounts or in situations where only low quantities of product are likely to be released	przemieszczanie zanieczyszczonych/brudnych opakowań / moving of polluted/dirty packages ważenie setek gramów produktu / weighing several hundreds of grams of product przenoszenie worków cementu lub produktu w workach z tkaniny za pomocą podnośników widłowych / shifting of cement bags or sackcloth bags with product with a forklift truck	0,3
Z niewielką szybkością lub przy użyciu niewielkiej siły w średnich ilościach / / With low speed or with little force in medium quantities	produkcja zaprawy murarskiej, ręczne rozrabianie cementu za pomocą szpachli / producing cement wet mortar using a chip mieszanie, wygniatanie pasty / producing cement manually with a shovel stosowanie niewielkich lub lekkich wyrobów zewnętrznie zanieczyszczonych substancją (np. składanie worków po cemencie / handling small or light materials externally contaminated with a substance (for example collecting and piling up of cement bags) odważanie produktów według receptury (np. przy karmieniu zwierząt lub w przemyśle włókienniczym) / manual weighing of kilogram amounts of products for recipes (e.g. in the animal feeds or textile industries)	1
Ze stosunkowo wysoką szybkością/siłą, które mogą prowadzić do niewielkiego rozproszenia pyłu / Handling of products or treatment of objects with a relatively high speed/force which may lead to some dispersion of dust	ręczne rozsypywanie/rozkładanie produktu / manually scattering/strewing of the product mieszanie produktu za pomocą miksera / mixing of products with a mixer wysypywanie proszków za pomocą rurociągów / dumping of powders with a pipe ręczne nabieranie produktu / manually scooping of products zamiatanie podłogi / sweeping a floor ręczne obchodzenie się z pokrytym lub zanieczyszczonym wyrobem/produktem (np. gumowe części pokryte talkiem) / manually handling of treated or contaminated products/materials (for example rubber parts are treated with anti-stick powder)	3
Ze względu na wysokie ciśnienie, szybkość lub użycie siły wytwarzane i rozpraszane są duże ilości pyłu / / Due to high pressure, speed or high force, large quantities of dust are generated and dispersed	rozpylanie proszków / napylanie powierzchniowe / spraying of powders (powder coating) zrzucanie produktu z wielkich worków / dumping of product from big bags workowanie wyrobu / bagging of product zrzucanie worków / dumping of bags czyszczenie zanieczyszczonych maszyn za pomocą sprężonego powietrza / cleaning of contaminated machines or objects with compressed air	10

mieszczenia oraz rodzaju wentylacji ogólnej, czasu trwania i częstotliwości poszczególnych czynności i zadań, a także współczynniki redukcji w wyniku stosowania środków ochrony osobistej.

Końcowy wynik, tzw. współczynnik narażenia (exposure score), jest wynikiem mnożenia współczynnika potencjalnego narażenia przez wymienione modyfikatory redukcji emisji ze względu na czas trwania i częstość występowania narażenia. Modyfikatory redukcji ze względu na stosowane środki prewencji nie są na tym etapie uwzględniane. Twórcy programu podkreślają, że współczynniki narażenia nie są równoznaczne z poziomami narażenia. Stanowią informację o względnej wysokości ryzyka i przyjmują wartości: 0–0,00002 dla najniższego, pierwszego pasma narażenia, oraz 0,2–20 dla najwyższego, czwartego pasma narażenia.

Narzędzie Stoffenmanager jest ciągle udoskonalane. Opracowane zostały wersje specyficzne dla poszczególnych wybranych gałęzi przemysłu (21). Kolejnym etapem ma być takie udoskonalenie, które umożliwi porównywanie przewidywanych poziomów narażenia z wartościami normatywów higienicznych. Ostatnio pojawiła się najnowsza wersja Stoffenmanager 5.0 (21), dostępna dla użytkownika po utworzeniu konta i zalogowaniu się do systemu. Aplikacja daje również możliwość przechowywania wprowadzonych danych i oszacowanych wielkości, co pozwala na łatwy, wielokrotny dostęp i modyfikację zasobów.

Do niedawna ECHA opowiadała się za modelem Stoffenmanager jako wiodącym w obszarze szacowania narażenia pierwszego szczebla, jednak wspomniany model Stoffenmanager 5.0. rozpatruje się raczej w kategorii narzędzi oceny narażenia wyższego szczebla (14,17), tj. narzędzi pośrednich między pierwszym a drugim szczeblem. Bezsprzeczną zaletą Stoffenmanagera jest to, że program na podstawie tego samego zestawu danych wejściowych umożliwia oszacowanie nie tylko narażenia, ale również ryzyka.

Model EMKG-Expo-Tool

Model jest częścią prostego systemu kontroli substancji niebezpiecznych (Einfaches Maßnahmenkonzept Gefahrstoffe), który został opracowany przez BAuA (Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin – Federalny Instytut Ochrony i Medycyny Pracy) (29). Model został opracowany w celu ułatwienia małym i średnim przedsiębiorstwom przeprowadzenia wymaganej przez prawo oceny ryzyka za pomocą szacowania wielkości narażenia wtedy, gdy nie ma wyników pomiarów. Oparty jest na podejściu uwzględniającym tzw. exposure band, czyli pasma narażenia, opisanym przy modelu COSHH Essentials.

Jak wspomniano, model COSHH Essentials służy do jakościowej oceny ryzyka w środowisku pracy oraz zarządzania ryzykiem (pozwala ocenić prawidłowość sterowania ryzykiem). Z kolei EMKG-Expo-Tool może być stosowany jako narzędzie do ilościowego oszacowania poziomu narażenia inhalacyjnego oraz charakterystyki ryzyka (porównania poziomu narażenia z wartościami dopuszczalnymi, takimi jak NDS lub DNEL). Jako przewodnik po programie EMKG-Expo-Tool służy jego opis, zawarty w poradniku REACH (18) oraz wskazówki ukryte w programie pod znakami zapytania.

W celu oszacowania narażenia inhalacyjnego pracowników wymagane jest wprowadzenie danych wejściowych, które obejmują następujące zmienne czynniki warunkujące:

- stan skupienia – substancja stała/ciecz;
- pylistość substancji stałych lub lotność substancji ciekłych – temperatura wrzenia / prężność par substancji ciekłych;
- warunki operacyjne – temperatura, ilość użytej substancji na zadanie, wielkość powierzchni aplikacji;
- czas narażenia – czynność trwa < 15 min lub ≥ 15 min w trakcie 8-godzinnej zmiany roboczej;
- środki kontroli ryzyka (strategia kontroli).

W wyniku zastosowania modelu EMKG-Expo-Tool otrzymuje się oszacowaną górną i dolną wielkość narażenia (wyrażoną w ppm dla cieczy i w mg/m^3 dla substancji stałych). W celu charakterystyki ryzyka przy podejściu konserwatywnym należy użyć górnej wartości narażenia.

Do właściwości fizykochemicznych, które mają najistotniejszy wpływ na poziom narażenia, należy pylistość (ciała stałe) lub lotność (ciecze). Ocena pylistości substancji jest subiektywna i opiera się na obserwacji lub jest analogiczna do innych, znanych oceniającemu pyłów.

Model EMKG-Expo-Tool jako jedyny spośród badanych modeli uwzględnia tonaż substancji. Definicje kategorii skali użycia substancji są następujące (29):

- mała – g lub ml (< 1 kg lub < 1 l),
- średnia – kg lub litry (1–1000 kg lub 1–1000 l),
- duża – t lub m^3 (> 1 t lub > 1 m^3).

Należy dokładnie rozpatrywać ilość substancji użytej na wsad lub operację, ponieważ zależy ona od sposobu, w jaki substancja jest zapakowana, transportowana oraz używana. Innym istotnym czynnikiem wpływającym na poziom narażenia jest powierzchnia, na której substancja jest stosowana. W przypadku zastosowania powodującego jej szerokie rozproszenie (jak np. malowanie przez rozpylanie) poziom narażenia może być wyższy niż w przypadku innego sposobu stosowania.

Na podstawie właściwości fizycznych substancji i ilości użytej substancji model wskazuje pasma potencjalnego narażenia. Poziom prewencji określony jest poprzez środki kontroli ryzyka, które mają na celu obniżenie narażenia (angielskie słowo ‘control’ odpowiada polskiemu ‘utrzymywanie pod kontrolą’, a nie ‘kontrolowanie’ – w tekście niniejszego artykułu słowo to jest tłumaczone wymiennie jako ‘kontrola’ lub ‘prewencja’, ‘zapobieganie nadmiernemu ryzyku’, w zależności od kontekstu).

Na podstawie potencjalnego narażenia i zastosowanej strategii prewencji z wykorzystaniem modelu EMKG-Expo-Tool oszacowuje się narażenie jako jeden z 6 możliwych zakresów stężeń, różniących się o rząd wielkości. Każdy poziom prewencji podzielony jest na 4 zakresy stężeń w zależności od pasma potencjalnego narażenia. W przypadku najwyższego pasma potencjalnego narażenia i najniższego poziomu prewencji uznaje się, że ryzyko jest nadmierne i nie jest odpowiednio kontrolowane.

Dla substancji stałych najwyższy dopuszczalny poziom narażenia w powietrzu dla pyłu całkowitego według niemieckich standardów technicznych (TRGS 900) (30) wynosi 10 mg/m^3. Z tego powodu uznano, że stężenia pyłów powyżej tej wartości są zbyt wysokie, aby zagwarantować właściwy poziom sterowania ryzykiem. Dla cieczy takim poziomem jest 500 ppm

(najwyższa wartość OEL według TRGS 900 wynosi dla cieczy 1000 ppm (30), z zaleceniem dokładnego monitoringu narażenia).

W celu charakterystyki ryzyka (np. przy tworzeniu Raportu Bezpieczeństwa Chemicznego) należy porównać górną wartość przedziału narażenia z daną wartością dopuszczalną: NDS, DNEL, PNEC (predicted no effect concentration – przewidywane stężenie niepowodujące niekorzystnych skutków dla środowiska) lub DMEL – (derived minimal effect level – pochodny poziom powodujący minimalne zmiany, kryterium oceny narażenia na substancje rakotwórcze lub mutagenne). Jeżeli w wyniku przeprowadzonej oceny okaże się, że dobór środków kontroli ryzyka nie jest odpowiedni, a oszacowane ryzyko nie jest odpowiednio kontrolowane, wymagane jest przeprowadzenie iteracji w celu właściwego doboru środków prewencji, żeby zapewnić bezpieczne warunki pracy. Iteracja możliwa jest także w zakresie długości narażenia (< 15 min lub ≥ 15 min) i tonażu.

Walidacja modelu EMKG-Expo-Tool została przeprowadzona przez BAuA za pomocą 958 zbiorów wyników niezależnych pomiarów dostępnych w piśmiennictwie lub w bazach danych. Stwierdzono, że w przypadku substancji stałych (proszków) i cieczy używanych w średniej skali dane pomiarowe były niższe od oszacowanych przez model lub w granicach oszacowanych wartości. W przypadku zadań powodujących szerokie rozproszenie małych ilości substancji opartych na rozpuszczalnikach (np. farb czy klei) dane pomiarowe czasami były wyższe niż wartości szacowane. Eksperci ECHA stwierdzili, że model EMKG-Expo-Tool jest wystarczająco konserwatywny, żeby stosować go jako narzędzie 1. szczebla do oszacowania narażenia na substancje w środowisku pracy.

OMÓWIENIE

Oparte na koncepcji „control banding" bezpomiarowe modele są łatwą w użyciu metodą doboru adekwatnych do ryzyka środków prewencji w małych i średnich przedsiębiorstwach, kierowanych przez ludzi o małym lub żadnym doświadczeniu z zakresu toksykologii czy higieny pracy. Największą zaletą tego podejścia jest prostota i oparcie klasyfikacji zagrożeń na informacjach, które są łatwo dostępne. Stanowi to jednak jednocześnie wadę – dostępne informacje mogą być nieprecyzyjne i sprzeczne.

Chociaż klasyfikacja charakteru zagrożenia i jego wagi na podstawie zwrotów R wydaje się być prostą i skuteczną metodą, problemem jest dość duża dowolność w przypisywaniu poszczególnym substancjom tych zwrotów. Nie wszyscy producenci czy dostawcy danej substancji wykazują jednakową staranność w przeglądzie literatury toksykologicznej, nie wszyscy też dostatecznie rozumieją te złożone zagadnienia.

Dobrym przykładem może być butan-2,3-dion (CAS 431-03-8) stosowany jako środek zapachowy przy produkcji prażonej kukurydzy. W karcie charakterystyki w zależności od dostawcy może być przypisany mu zwrot R20/21/22 i R36/37/38 lub R22, albo żaden. Skutkuje to zaklasyfikowaniem tej substancji do grupy ryzyka, odpowiednio: C, B lub A (31,32), a w konsekwencji – całkiem odmiennymi zaleceniami dotyczącymi bezpiecznych poziomów narażenia i adekwatnych do tego środków prewencji.

Problemem może być również brak zwrotów R dla niektórych substancji – skutkuje to ich automatycznym przypisaniem do grupy ryzyka A, co nie zawsze jest właściwe. Dotyczy to szczególnie substancji stałych, które są mieszaninami naturalnych surowców pochodzenia roślinnego. Zdaniem Jonesa i Nicasa (33) przyczyną może być brak danych (substancje ropopochodne, związki siarki) lub to, że w badaniach toksykologicznych lub epidemiologicznych niektórych substancji nie wykazano skutków dla zdrowia (np. skrobia) lub wykazano efekty zdrowotne niespełniające kryteriów wymaganych do przypisania zwrotu R (np. freony).

Pewną nadzieję na rozwiązanie tego problemu wiązać można z pełnym wdrożeniem globalnego systemu klasyfikacji oraz z harmonizacją klasyfikacji zgodnie ze wspólnotowym planem działania (18). Europejska Agencja ds. Chemikaliów (ECHA) tworzy platformę dotyczącą klasyfikacji i oznakowania, aby docelowo klasyfikacja substancji była na poziomie wspólnotowym zharmonizowana i obowiązkowa w celu zapewnienia stosownego zarządzania ryzykiem w całej Unii Europejskiej – szczególnie w przypadku substancji o działaniu rakotwórczym, mutagennym, toksycznym na rozrodczość lub uczulającym na drogi oddechowe (18). Jak wspomniano, w modelu Stoffenmanager możliwe jest automatyczne przełożenie klasyfikacji substancji według Dyrektywy 67/548/EWG (26) na nową, zgodną z rozporządzeniem CLP (25), po wprowadzeniu z karty charakterystyki danych dotyczących poprzedniej klasyfikacji.

Kolejnym istotnym problemem, którego sposób rozwiązania proponowany w modelach predykcyjnych budzi zastrzeżenia, jest stosowana ilość substancji. Chociaż ilość substancji używana w danym procesie technologicznym wydaje się dość istotnym czynnikiem

pozwalającym na przewidywanie wielkości narażenia i klasyfikację tego procesu, w większości przypadków to warunki stosowania substancji, a nie jej ilość, mają większy wpływ na stężenia w strefie oddychania pracowników.

Przykładowo jednorazowe dodanie jakiejś ilości substancji do reaktora związane jest z mniejszym narażeniem niż dodanie tej samej ilości w kilkunastu ratach. Również jeżeli scenariusz narażenia obejmuje otwarcie na zbiorniku zaworu o określonym przekroju, czego efektem będzie emisja substancji do środowiska pracy, narażenie pracowników będzie zbliżone – bez względu na to, czy pojemnik lub reaktor zawierał kilka litrów, czy kilka metrów sześciennych substancji (mimo że każdy z tych przypadków ze względu na ilość substancji byłby zaklasyfikowany do innej grupy ryzyka).

Na ilość substancji wyemitowanej do środowiska pracy wpływają takie czynniki, jak sposób wykonywania pracy, kubatura pomieszczenia i jego wentylacja oraz rodzaj wykonywanych operacji. W niektórych scenariuszach narażenia możliwe jest skorelowanie ilości używanej substancji z jej stężeniem w strefie oddychania – pod warunkiem, że scenariusze te nie są zbyt ogólne. Z wymienionych względów w przewidywaniu poziomu narażenia oprócz ilości substancji należy brać pod uwagę również inne czynniki, takie jak wymiary zaworów i otworów w pojemnikach/reaktorach, powierzchnię parowania, odległość pracownika od źródła emisji i sposób stosowania substancji (malowanie pędzlem lub natryskowe, zanurzanie itp.). Te dodatkowe informacje wydają się daleko ważniejsze od stosowanej ilości substancji.

Innym czynnikiem branym pod uwagę przy szacowaniu wielkości narażenia jest zdolność substancji do rozprzestrzeniania się w środowisku pracy, czyli jej lotność (ciecze) lub pylistość (ciała stałe). W przypadku cieczy istotnym parametrem jest prężność jej pary w temperaturze stosowania. Mimo że im bardziej lotna jest substancja, tym wyższych jej stężeń należy spodziewać się w powietrzu, istotniejsze jest, jak te stężenia odnoszą się do poziomów dopuszczalnych.

Przykładowo benzen, którego prężność pary jest znacznie wyższa niż acetonu, jest bardziej od niego niebezpieczny, ponieważ wartość NDS benzenu (1,6 mg/m^3) jest o dwa rzędy wielkości niższa (600 mg/m^3). Próbę połączenia tych dwóch czynników przy klasyfikacji substancji do pasm zagrożenia podjął Popendorf (34), wprowadzając tzw. wskaźnik względnego zagrożenia parami (vapour hazard ratio – VHR), czyli stosunek prężności pary substancji (w mm Hg) do jego normatywu higienicznego, wyrażonego w jednostkach objętościowych (TLV w ppm) oraz logarytm tej wielkości, współczynnik zagrożenia parami (vapour hazard index – VHI).

Jeżeli czynnik A ma prężność par 100 mm Hg i wartość normatywu higienicznego 10 ppm, a stosowany w takich samych warunkach czynnik B – normatyw higieniczny 1 ppm i prężność pary 10 mg Hg, obydwa będą miały takie same wskaźniki: VHR = 10 i VHI = 1. Do osiągnięcia zgodności warunków pracy z przepisami wymagane więc będą takie same środki prewencji.

Wartości prężności pary podaje się zwykle dla temperatury 25°C, jednak należy pamiętać, że większość procesów w przemyśle chemicznym czy farmaceutycznym wymaga podwyższonej temperatury. Jedną z umownych reguł jest, że prężność par podwaja się z każdym wzrostem temperatury o 10°C, co wykorzystuje się do planowania niezbędnej liczby wymian powietrza w urządzeniach wentylacyjnych. Metoda zaproponowana przez Popendorfa (34) wydaje się mało przydatna w polskich warunkach, ponieważ wartości NDS nie są podawane w jednostkach objętościowych, tylko wyłącznie w masowych – ppm bowiem nie jest zalegalizowaną jednostką miary w Polsce. Wykonywanie obliczeń VHR i VHI wiązałoby się więc z koniecznością dokonywania przeliczeń.

Z wielu przeprowadzonych badań walidacyjnych, które polegały na porównaniu oszacowanych za pomocą EASE poziomów narażenia z wynikami rzeczywistych pomiarów, można wyprowadzić wniosek, że używanie programu EASE prowadzi do zawyżania wielkości narażenia (16). Ponieważ zasadniczym i długofalowym celem EASE, podobnie jak COSSH Essentials, jest dobór skutecznych i adekwatnych do wielkości narażenia środków prewencji, ich stosowanie może powodować ponoszenie przez pracodawców niepotrzebnych kosztów.

Johnston i wsp. (11) porównali oszacowane za pomocą EASE poziomy stężeń chloroprenu i toluenu przy produkcji polichloropenu z wynikami pomiarów przeprowadzonych w tego typu zakładach w latach 1976–1996. Oszacowane wyniki były wyraźnie zawyżone – w przypadku chloroprenu 23% oszacowań było co najmniej o rząd wielkości wyższych od wyników pomiarów, a w przypadku toluenu – 7%. Wyniki oszacowań i pomiarów były słabo skorelowane. Współczynnik korelacji wynosił 0,55 dla chloroprenu i 0,44 dla toluenu. Wnioskiem z tych badań było, że program EASE nie może być bezkrytycznie stosowany zamiast pomiarów. Lepszym i tańszym rozwiązaniem wydaje się wykorzystanie prostych, półilościowych metod pomiarowych, takich jak wskaźniki rurkowe czy przenośne analizatory gazów i par.

Podobne badania dla toluenu, octanu etylu i acetonu z zastosowaniem 3 scenariuszy narażenia przeprowadzili Kupczewska-Dobecka i wsp. (16). O ile w przypadku bardziej lotnych substancji (aceton, octan etylu) uzyskano dobrą zgodność wyliczonych teoretycznie za pomocą programu EASE wielkości stężeń z wynikami pomiarów, o tyle wyliczone stężenia toluenu były o rząd wielkości zawyżone.

Takie zawyżanie oszacowań występuje także w innych modelach i jest one zrozumiałe i do pewnego stopnia uzasadnione. Szacowanie bowiem odbywa się na zasadzie odniesienia do baz danych o narażeniu w przeszłości, kiedy stężenia związków chemicznych w przemyśle były wyższe. Ponieważ głównym celem stosowania tych modeli jest sterowanie ryzykiem i dobór odpowiednich środków prewencji, wysokie oszacowane poziomy narażenia można traktować jako rozsądny, najgorszy przypadek (reasonable worst case).

Należy również zwrócić uwagę, że wynik końcowy szacowania w omawianych modelach jest różny. Program EASE pozwala na szacowanie tzw. exposure band (pasma narażenia), czyli przedziału stężeń, który odpowiada zakresowi między 25. a 75. percentylem, a nie jednego, określonego stężenia substancji. Z kolei w przypadku ECETOC TRA wynikiem będzie stężenie 90. percentyla, model EMKG-Expo-Tool przedział stężeń, odpowiadający zakresowi między stężeniem minimalnym a maksymalnym, a w przypadku Stoffenmanagera wynikiem jest wykres częstości skumulowanej stężeń. W efekcie trudno jest porównywać wyniki oszacowań tego samego procesu technologicznego, uzyskanego za pomocą różnych modeli.

W przypadku substancji występujących w postaci ciał stałych klasyfikacja pod względem pasm zagrożenia na podstawie stwierdzanej na podstawie obserwacji pylistości wydaje się bardzo wątpliwa – tym bardziej, że w małych przedsiębiorstwach dokonywana jest ona najczęściej poprzez ocenę wzrokową przez osoby o niewielkim doświadczeniu w zakresie higieny pracy. Najbardziej niebezpieczne dla zdrowia cząstki o wymiarze poniżej 10 μm są niewidoczne dla oka. Dla kogoś, kto ma małą wiedzę dotyczącą higieny pracy, już cząstki o wymiarze rzędu 100 μm (np. puder kosmetyczny) są bardzo drobne. Cząstki o najsilniejszym wpływie na zdrowie człowieka nie tylko są niewidoczne, ale w ich przypadku nie jest również możliwa ocena, czy ich stężenie w strefie oddychania jest znaczące. Celowe więc wydaje się opracowanie dla potrzeb małych i średnich przedsiębiorstw przykładowych list z wymiarami cząstek najczęściej stosowanych czynników, a także zamieszczanie danych o wymiarach cząstek w kartach charakterystyk substancji.

Dość istotnym problemem jest stosunkowo mała liczba zadań, dla których opracowano zalecenia dotyczące ochrony zdrowia pracowników w formie Kart Wytycznych Prewencji (Control Guidance Sheets), a także reprezentatywność tych zadań czy procesów dla gałęzi przemysłu, w których używane są chemikalia. Liczba procesów jest ograniczona (12 w COSHH Essentials: transport, tabletkowanie, pokrywanie powierzchni, odpylanie, suszenie, mieszanie, laminowanie, sortowanie, zanurzanie, przesiewanie, ważenie, przechowywanie).

Biorąc pod uwagę ogromną różnorodność procesów i produktów przemysłowych, a także wykonywanych zadań, lista wydaje się bardzo ograniczona. Nie uwzględnia tak powszechnych procesów, jak spawanie, lutowanie, odtłuszczanie, szlifowanie (przemysł metalowy i maszynowy), montowanie izolacji, prace hydrauliczne, prace konserwacyjne i naprawy sprzętu czy typowych w przemyśle chemicznym i farmaceutycznym operacji: dozowania surowców, pobierania próbek, czyszczenia reaktorów i przewodów doprowadzających, rutynowych przeglądów instalacji, mielenia i konfekcjonowania produktów.

Ponadto, nawet wśród 12 „wzorcowych" procesów są takie, w których określenie skali i wielkości narażenia może być nieporównywalne. Przykładowo transport substancji w postaci ciała stałego może oznaczać jej przesypywanie z jednego pojemnika do drugiego. Narażenie wykonującego tę czynność będzie większe w przypadku dozowania do prawie pustego pojemnika, niż kiedy pojemnik jest prawie pełny. Wielkość narażenia przy pokrywaniu powierzchni zależeć będzie od tego, czy czynność ta wykonywania jest za pomocą pędzla lub natryskowo.

Dopiero ostatnia wersja ECETOC TRA uwzględnia wśród kategorii PROC pewne procesy wysokotemperaturowe z metalami, np. spawanie, lutowanie, żłobienie, brązowanie, cięcie płomieniowe, związane przede wszystkim z narażeniem na opary i gazy (PROC25) czy odlewanie w formach piaskowych i odlewanie ciśnieniowe, spust i odlewanie stopionych ciał stałych, przegarnianie stopionych ciał stałych, układanie nawierzchni, podczas którego należy oczekiwać narażenia związanego z pyłem i oparami (PROC23).

Chociaż bezsprzeczną zaletą ECETOC TRA jest jego prosta struktura, należy zwrócić uwagę również na niedogodności i sprzeczności wynikające ze stosowania programu. Wiele procesów czy operacji technologicznych nakłada się i wybór nie zawsze jest oczywisty. Liczba

procesów i operacji technologicznych objętych modelem jest, jak już wspomniano, ciągle ograniczona i niewystarczająca do oceny ryzyka na szczeblu pierwszym, a ocena nie uwzględnia ilości substancji stosowanych w poszczególnych procesach. Najlepszym rozwiązaniem tego problemu wydaje się opracowanie bazy danych z poziomami stężeń czynników chemicznych przy poszczególnych typowych operacjach w różnych gałęziach przemysłu.

Wspomnieć należy, że bardzo często daną operację technologiczną w konkretnym zakładzie przemysłowym można zaklasyfikować do różnych kategorii PROC, co skutkuje zupełnie innymi oszacowaniami ryzyka. Przykładowo zamiatanie podłogi pomieszczenia za pomocą zmiotki, podczas którego wytwarza się widoczna chmura pyłu, można zaklasyfikować jako niskoenergetyczne rozprowadzanie powłok, w tym również czyszczenie powierzchni (PROC10). Możliwe jest też jednak zakwalifikowanie tej czynności jako przenoszenie substancji lub preparatu, takie jak ładowanie, napełnianie, przenoszenie, przesypywanie, workowanie w pomieszczeniach nieprzeznaczonych do tego celu. Należy wtedy oczekiwać narażenia związanego z pyłami, oparami, aerozolami lub wyciekami (PROC8a).

W przewodnikach i informatorach do omawianych bezpomiarowych modeli szacowania narażenia i/lub ryzyka podkreśla się, że są to programy proste w stosowaniu, przyjazne dla użytkownika i odpowiednie dla małych średnich przedsiębiorstw. Niekoniecznie potwierdza się to w warunkach polskich. Oprzyrządowanie tych programów (opis, instrukcja, zadawane w programie pytania itp.) jest przygotowane w języku obcym (najczęściej angielskim) i używana jest dość trudna terminologia. Utrudnia to ich ewentualne stosowanie w małych i średnich przedsiębiorstwach, w których znajomość języków obcych jest często niewystarczająca. Już termin ‘control banding’ nie ma dobrego polskiego odpowiednika, a jeszcze większe problemy mogą stwarzać potencjalnemu użytkownikowi bardziej złożone zagadnienia. Stosowanie tych programów w Polsce mogłaby zwiększyć ich dostępność w polskiej wersji językowej, przy czym tłumaczenie powinno być dokonane przez osoby o bardzo dobrej znajomości problematyki oceny narażenia i ryzyka zawodowego.

Niezbędna jest dalsza walidacja istniejących programów oceny ryzyka za pomocą badań terenowych i dostępnych wyników pomiarów, reprezentatywnych dla różnych gałęzi przemysłu i typów zakładów. Niezbędne są dalsze prace w celu walidacji bezpomiarowych modeli szacowania narażenia. Obecnie w Unii Europejskiej realizowany jest projekt pt. „The Evaluation of Tier 1 Exposure Assessment Models under REACH („eteam")" („Ocena modeli szacowania narażenia szczebla 1 w ramach REACH") (35), sponsorowany przez niemiecki Federalny Instytut Bezpieczeństwa i Medycyny Pracy (BAuA), którego celem jest właśnie walidacja wybranych modeli bezpomiarowych.

W rezultacie badań przeprowadzonych w ramach projektu zarówno przemysł, jak i jednostki rejestrujące substancje w ramach REACH mają uzyskać odpowiedź, który model należy wybrać dla określonej kategorii procesu przemysłowego bądź zawodowego. Założeniem projektu jest stworzenie bazy danych o narażeniu, która będzie obejmować dane dotyczące pomiarów stężeń w środowisku pracy w krajach Unii Europejskiej. Badania takie zapoczątkowane zostały również w Polsce, a ich pierwsze wyniki doczekały się już publikacji (16,36).

Obecnie trwają również prace nad opracowaniem narzędzi drugiego szczebla, które umożliwią oszacowanie narażenia, kiedy zastosowanie modeli pierwszego szczebla zawodzi. Health and Safety Executive, rząd holenderski, AFSSET, CEFIC LRI, Shell, Eurometaux, BOHS i GSK oraz naukowcy z 6 wiodących europejskich instytutów badawczych –m.in. Uniwersytet w Utrechcie w Holandii, BAuA w Niemczech, IOM (Institute of Occupational Medicine – Instytut Medycyny Pracy) i HSL (Health and Safety Laboratory – Laboratorium Higieny i Bezpieczeństwa Pracy) w Wielkiej Brytanii utworzyły konsorcjum, które realizuje projekt Advanced REACH Tool (ART) (wersja 1.5) (37). Łączy on mechanistyczny model narażenia inhalacyjnego i wnioskowanie statystyczne i jest obecnie kalibrowany do oceny narażenia tylko na frakcje wdychalne pyłu, pary i mgły. Z powodu braku odpowiednich danych do kalibracji nie jest możliwe stosowanie modelu dla dymów, włókien, gazów i pyłów, emitowanych podczas wysokotemperaturowych procesów metalurgicznych (38).

WNIOSKI

1. Na podstawie przeprowadzonej oceny wybranych programów bezpomiarowego szacowania ryzyka można stwierdzić, że mogą być one stosowane jako screeningowe modele pierwszego szczebla do oceny narażenia inhalacyjnego w zakładach pracy. Badanie przesiewowe z użyciem omawianych modeli może pozwolić na wstępną ocenę narażenia zawodowego i szybką ocenę warunków pracy, jednak taka ocena powinna być potwierdzona innymi badaniami, ponieważ uzyskane oszacowania poziomów narażenia nie mogą zastąpić pomiarów.

2. Przy korzystaniu z omówionych modeli często następuje przeszacowywanie narażenia, a obliczone z ich wykorzystaniem poziomy narażenia należy rozpatrywać jako tzw. racjonalny najgorszy przypadek, niezbędny do prawidłowego doboru środków prewencji.
3. Omówione modele charakteryzuje brak spójności w zakresie klasyfikacji substancji na podstawie informacji zawartych w jej karcie charakterystyki, dlatego sposób prezentacji i parametry oszacowania narażenia za pomocą poszczególnych modeli są różne.
4. Dostępna w modelach liczba kategorii procesowych i wzorcowych scenariuszy narażenia zawodowego jest na obecnym etapie stosunkowo niewielka w porównaniu z rzeczywistymi sytuacjami, które występują w przemyśle. Na podkreślenie zasługuje również niejednoznaczność – tę samą operację technologiczną można zaklasyfikować do różnych kategorii procesu.
5. Niezbędna jest dalsza walidacja programów oceny narażenia i/lub ryzyka poprzez badania terenowe i dostępne wyniki pomiarów, reprezentatywnych dla różnych gałęzi przemysłu i typów zakładów.
6. Warunkiem stosowania bezpomiarowych modeli szacowania narażenia w małych i średnich przedsiębiorstwach w Polsce jest ich dostępność w fachowo przetłumaczonej polskiej wersji oraz intensywne szkolenia przyszłych użytkowników w zakresie stosowania tych modeli.

PIŚMIENNICTWO

1. Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 30 grudnia 2004 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy związanej z występowaniem w miejscu pracy czynników chemicznych. DzU z 2005 r. nr 11, poz. 86
2. PN EN 689:2002. Powietrze na stanowiskach pracy – Wytyczne oceny narażenia inhalacyjnego na czynniki chemiczne przez porównanie z wartościami dopuszczalnymi i strategia pomiarowa. Polski Komitet Normalizacyjny, Warszawa 2002
3. Rozporządzenie (WE) nr 1907/2006 PE i Rady z dnia 18 grudnia 2006 r. w sprawie rejestracji, oceny, udzielania zezwoleń i stosowanych ograniczeń w zakresie chemikaliów (REACH), utworzenia Europejskiej Agencji Chemikaliów, zmieniające dyrektywę 1999/45/WE oraz uchylające rozporządzenie Rady (EWG) nr 793/93 i rozporządzenie Komisji (WE) nr 1488/94, jak również dyrektywę Rady 76/769/EWG i dyrektywy Komisji 91/155/ /EWG, 93/67/EWG, 93/105/WE i 2000/21/WE (w wersji sprostowanej DzUrz UE L 136 z dnia 29 maja 2007, str. 3, wraz z późn. zm.)
4. Health and Safety Executive: COSHH Essentials – Easy steps to control chemicals. HSE, Bootle 2003 [cytowany 30 kwietnia 2013]. Adres: http://www.coshh-essentials.org.uk
5. European Communities: Practical guidance of non-binding nature on the health and safety of workers from hazards related to chemical agents at work. Directorate-General for Employment, Social Affairs and Inclusion, European Commission. European Communities, Bruksela 2005
6. Pośniak M.: Ocena ryzyka zawodowego – narażenie na czynniki chemiczne. Bezpiecz. Pr. 2008;7–8(442–443):27–31
7. Majka M.: Uproszczona ocena ryzyka przy narażeniu na czynniki chemiczne, cz. I. Atest 2008;3:18–20
8. Majka M.: Uproszczona ocena ryzyka przy narażeniu na czynniki chemiczne, cz. II. Atest 2008;4:55–56
9. Money C.D.: A structured approach to occupational hygiene in the design and operation of fine chemical plant. Ann. Occup. Hyg. 1992;36(6):601–607, http://dx.doi.org/10.1093/annhyg/36.6.601
10. Health and Safety Executive: The assessment of workplace exposure to substances hazardous to health – The EASE Model Version 2 for Windows Manual. HSE, Sudbury (UK) 1997
11. Johnston K.L., Phillips M.L., Esmen N.A., Hall T.A.: Evaluation of an artificial intelligence program for estimating occupational exposure. Ann. Occup. Hyg. 2005;49(2):147–153, http://dx.doi.org/10.1093/annhyg/meh072
12. Creely K.S., Tickner J., Soutar A.J., Hughson G.W., Pryde D.E., Warren N.D. i wsp.: Evaluation and further development EASE model 2.0. Ann. Occup. Hyg. 2005;49(2):135–145, http://dx.doi.org/10.1093/annhyg/meh069
13. Tickner J., Friar J., Creely K.S., Cherrie J.W., Pryde D.E., Kingston J.: The Development of the EASE model. Ann. Occup. Hyg. 2005;49(2):103–110, http://dx.doi.org/10.1093/annhyg/meh085
14. Joint Research Centre: EASE – The European Union System for the Evaluation of Substances [cytowany 30 kwietnia 2013]. Adres: http://ihcp.jrc.ec.europa.eu/our_activities/public-health/risk_assessment_of_Biocides/euses/euses/?searchterm=euses
15. Cherrie J.W., Tickner J., Friar J., Creely K.S., Soutar A.J., Hughson G. i wsp.: Evaluation and further development of the EASE model 2.0. Research Report 136 [cytowany 30 kwietnia 2013]. Adres: http://www.hse.gov.uk/research/rrpdf/rr136.pdf
16. Kupczewska-Dobecka M., Czerczak S., Jakubowski M., Maciaszek P., Janasik B.: Zastosowanie modelu predyk-

cyjnego do szacowania wielkości stężenia wybranych substancji chemicznych w powietrzu środowiska pracy. Med. Pr. 2010;61(3):307–314
17. European Centre for Ecotoxicology and Toxicology of Chemicals: Targeted Risk Assessment – ECETOC TRA [cytowany 30 kwietnia 2013]. Adres: http://www.ecetoc.org/tra
18. European Chemical Agency: Guidance on information requirements and chemical safety assessment. Chapter R.14: Occupational Exposure Estimation. ECHA, Helsinki 2012
19. European Chemical Agency: Wskazówki dotyczące wymagań w zakresie informacji i bezpieczeństwa chemicznego. Rozdział 12: System deskryptorów dla zastosowań. ECHA, Helsinki 2010
20. EBRC Consulting: MEASE – The Metal's EASE – Occupational Exposure Assessment Tool for REACH [cytowany 30 kwietnia 2013]. Adres: http://www.ebrc.de/industrial-chemicals-reach/projects-and-references/mease.php
21. Stoffenmanager: Stoffenmanager 5.1 [cytowany 30 kwietnia 2013]. Adres: https://www.stoffenmanager.nl/Default.aspx?lang=en
22. Tielemans E., Noy D., Schinkel J., Heussen H., van der Schaaf D., West J. i wsp.: Stoffenmanager exposure model: development of a quantitative algorithm. Ann. Occup. Hyg. 2008;52(6):443–454, http://dx.doi.org/10.1093/annhyg/men033
23. Marquart H., Heussen H., Le Feber M., Noy D., Tielemans D., Schinkel J. i wsp.: „Stoffenmanager", a web-based control banding tool using an exposure process model. Ann. Occup. Hyg. 2008;52(6):429–441, http://dx.doi.org/10.1093/annhyg/men032
24. Zalk D.M., Nelson D.I.: History and evolution of control banding: A review. J. Occup. Environ. Hyg. 2008;5(5):330–346, http://dx.doi.org/10.1080/15459620801997916
25. Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) nr 1272/2008 z dnia 16 grudnia 2008 r. w sprawie klasyfikacji, oznakowania i pakowania substancji i mieszanin, zmieniającego i uchylającego Dyrektywy 67/548/EWG i 1999/45/WE oraz zmieniającego rozporządzenie (WE) nr 1907/2006. Dz. Urz. WE L 353 z dnia 31 grudnia 2008, ss. 1–1355
26. Dyrektywa Rady z dnia 27 czerwca 1967 r. w sprawie zbliżenia przepisów ustawodawczych, wykonawczych i administracyjnych odnoszących się do klasyfikacji, pakowania i etykietowania substancji niebezpiecznych (67/548/EWG). Dz. Urz. EWG z L 196 z dnia 16 sierpnia 1967, ss. 1–98
27. Cherrie J.W., Schneider T., Spankie S., Quinn M.: A new method for structured, subjective assessments of past concentrations. Occup. Hyg. 1996;3:75–83
28. Cherrie J.W., Schneider T.: Validation of a new method for structured subjective assessment of past concentrations. Ann. Occup. Hyg. 1999;43(4):235–245, http://dx.doi.org/10.1016/S0003-4878(99)00023-X
29. EMKG-EXPO-TOOL Federal Institute for Occupational Safety and Health (BauA): Exposure estimate at the workplace [cytowany 30 kwietnia 2013]. Adres: http://www.reach-clp-helpdesk.de/en/Exposure/Exposure.html
30. AGS. Technische Regeln für Gefahrstoffe. TRGS 900. Arbeitsplatzgrenzwerte. Ausschuss für Gefahrstoffe. Aufgabe: Januar 2006 [cytowany 30 kwietnia 2013]. Adres: http://www.baua.de/de/Themen-von-A-Z/Gefahrstoffe/TRGS/pdf/TRGS-900.pdf?__blob=publicationFile&v=15
31. Hubbs A.F., Battelli L.A., Mercer R.R., Kashon M., Friend S., Schwegler-Berry D. i wsp.: Inhalation toxicity of the flavoring agent diacetyl (2,3-Butanedione) in the upper respiratory tract of rats. Toxicol. Sci. 2004;78(S-1):438–439
32. Kullman G., Boylstein R., Jones W., Piacitelli C., Pendergrass S., Kreiss K.: Characterization of respiratory exposures at a microwave popcorn plant with cases of bronchiolitis obliterans. J. Occup. Environ. Health 2005;2(3):169–178
33. Jones R.M., Nicas M.: Evaluation of COSHH Essentials for Vapor Degreasing and Bag Filling Operations. Ann. Occup. Hyg. 2006;50(2):137–147, http://dx.doi.org/10.1093/annhyg/mei053
34. Popendorf W.: Vapor pressure and solvent hazards. Am. Ind. Hyg. Assoc. J. 1984;45(10):719–726, http://dx.doi.org/10.1080/15298668491400494
35. The eteam project [cytowany 30 kwietnia 2013]. Adres: http://www.eteam-project.eu/
36. Kupczewska-Dobecka M., Czerczak S., Jakubowski M.: Evaluation of TRA ECETOC model for inhalation workplace exposure to different organic solvents for selected process categories. Int. J. Occup. Med. Environ. Health 2011;24(2):208–217, http://dx.doi.org/10.2478/s13382-011-0021-3
37. Advanced REACH Tool: ART – Advanced REACH Tool 1.5 [cytowany cytowany 30 kwietnia 2013]. Adres: https://www.advancedreachtool.com
38. Control Banding: Issues and opportunities: A Report of ACGIH Exposure/Control Banding Task Force. American Conference of Governmental Industrial Hygienists, Cincinnati 2008